AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA EROSÃO NA PRODUTIVIDADE

Cleire Lima da Costa FALCÃO[1]
José Ronaldo Coelho SILVA[2]

RESUMO

A serra da Meruoca apresenta uma combinação particular de condições ambientais principalmente relacionadas ao clima úmido, devido à sua situação orográfica, boas propriedades químicas dos solos, e, não obstante, altas taxas de desmatamento, ainda mantém áreas de florestas remanescentes que constituem um rico habitat para a biodiversidade. Essas condições tornam essa região uma área privilegiada, quando comparada a outros locais do Estado do Ceará, onde predomina o clima semi-árido e solos de pequena profundidade. Entretanto, a alta erosividade das chuvas e a topografia montanhosa aumentam os riscos de erosão nessa serra, e conseqüentemente, as perdas de solo, água, matéria orgânica e nutrientes estão diminuindo a produtividade do solo. Dessa forma, isso constitui um sério obstáculo à sustentabilidade da agricultura local.

INTRODUÇÃO

A área dos maciços residuais úmidos do Nordeste tem se colocado tradicionalmente como setores de agricultura das mais significativas. Condicionados pela ocorrência de precipitações pluviométricas mais regulares e abundantes, tendo solos mais férteis, surgem como verdadeiras ilhas de umidade em meio à superfície sertaneja submetida à semi–aridez. Como exemplo tem-se a Serra da Meruoca, localizada no semi-árido cearense.

Esta área úmida, na atualidade vem sofrendo modificações pela intervenção humana sobre o ambiente, alterando e até mesmo substituindo a vegetação original. Merece destaque às modificações impostas à paisagem pelo homem, fato que vem ocorrendo desde o início da colonização no Nordeste brasileiro. São, atualmente, representadas pela vegetação secundária, que é uma vegetação proveniente da derrubada florestal, por processos que vão desde a devastação para o estabelecimento da agricultura até a retirada das árvores de valor econômico.

Os problemas conservacionistas da serra da Meruoca são sensivelmente agravados e as práticas implementadas na agricultura não atentam à legislação. De acordo com o Código Florestal brasileiro (lei nº 4.771/65, artigo 2º , letra "e" e artigo 10) as áreas com declividade acima de 45^0 são consideradas de preservação permanente e, nas áreas situadas entre 25^o e 45^0, somente é permitida uma exploração racional, visando a rendimentos permanentes (Leão, 2000).

A serra da Meruoca encontra-se, em grande extensão, desprovida de vegetação e, conseqüentemente, desprotegida contra o processo de erosão, que em um curto espaço de tempo tornará seus solos inadequados às práticas agrícolas. (Campos, 1981). O fator mais agravante neste cenário relaciona-se com a substituição de florestas por culturas em solos com erodibilidade alta e produtividade demasiadamente baixa (Silva, 2000).

Nesse contexto, e considerando a urgente necessidade de avaliar, a nível exploratório, os efeitos negativos provocados pelas atividades agrícolas conduzidas de forma predatória e sem utilização de práticas conservacionistas, bem como propor diretrizes preliminares, para

[1] Profa. e Coordenadora do Laboratório de Pedologia e Processos Erosvios do Curso de Geografia da UVA.
[2] Prof. Dr. do Curso de Agronomia da UFC.

um manejo agrícola sustentável na serra da Meruoca, o presente trabalho foi conduzido no sentido de atingir os seguintes objetivos: (a) Caracterizar as diferenças físicas e químicas de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO eutrófico, sob cultivo, em classe de erosão conservada e em classe de erosão degradada; (b) avaliar, através da produção de biomassa do milho, o efeito da erosão na produtividade do solo na classe de erosão degradada em relação à classe de erosão conservada; e (c) avaliar a eficiência de práticas de adubação nitrogenada associadas a técnicas de plantio direto na palha e adubação verde em nível de pequeno agricultor no sentido de recuperação da produtividade do solo nas áreas afetadas pela erosão.

MATERIAL E MÉTODOS

Para cumprimento dos objetivos propostos foram escolhidas duas classes, obedecendo-se alguns critérios de ordem técnica:

Primordialmente a área teria que ter um fácil acesso, o que propiciaria o monitoramento do experimento. Optou-se por ser uma área privada, o que reduziria a influência externa principalmente a circulação de animais. A declividade das vertentes representassem as características do maciço em questão. As áreas fossem representativas das condições de uso comumente encontradas na região, ou seja, prática de queimada no desbravamento e plantio em fortes declives sem cobertura do solo; apresentando clara distinção entre as duas classes de erosão. As práticas agrícolas correlacionassem a cultura local de subsistência com o plantio de milho, feijão, mandioca na área degradada, e princípios básicos de controle da erosão através de cobertura morta na área conservada.

A pesquisa foi desenvolvida no Sitio Dona Dora, localizado no município de Meruoca (CE), à distância de 18 km de Sobral, apresentando as seguintes coordenadas geográficas 3o 32’ 30” latitude S e 40o 24’ 18” longitude W Greenwich. A precipitação pluviométrica da região apresenta média anual de 1.500 mm e a temperatura média anuais 24 oC. De acordo com a classificação climática de Köppen, as serras úmidas como a da Meruoca, enquadra-se climaticamente no tipo Amw’, tropical chuvoso de monção e segundo a de Gaussen no tipo 4cTh, tropical quente de seca atenuada.

O solo é um Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO eutrófico na nova nomenclatura segundo classificação da EMBRAPA (1999), no qual foi realizada a escolha de duas classes de erosão conforme os critérios acima estabelecidos.

- Classe de erosão da área conservada: encontrava-se em uma vertente com declividade média de 17%, sob um solo coberto de palha de capim irrigado, há mais de dez anos apresentando-se dessa forma num estágio de erosão laminar ligeira.

- Classe de erosão degradada: encontrava-se acima da área conservada, com declividade média de 17% verificando-se a ausência de técnicas conservacionistas e seu uso predatório em agricultura de subsistência, apresentando-se num estágio de erosão severa com remoção do horizonte A e exposição do horizonte B.

Após a escolha das classes de erosão foram coletadas amostras do solo para caracterizar as diferenças físicas e químicas nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm do perfil do solo, nas classes de erosão conservada e na classe de erosão degradada com três repetições. O solo foi encaminhado ao Laboratório de Departamento de Ciências do Solo/UFC, e uma vez seco a sombra e ao ar foi destorroado e passado em peneira de 2mm (ABNT no 10), obtendo assim o material denominada terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida o material foi submetido às análises físicas e químicas, segundo metodologia descrita no manual de métodos e análise do solo (EMBRAPA, 1997).

O experimento foi conduzido em duas etapas. Na primeira etapa, tanto na classe de erosão da área conservada quanto na classe de erosão da área degradada antes do início do

experimento, foram realizadas limpezas conforme descrito a seguir: na classe de erosão da área conservada, foi mantida a palha efetuando-se a limpa manual das ervas daninhas; na classe de erosão da área degradada foi utilizado o uso da enxada.

Nessa primeira etapa, o experimento teve início em março com o plantio do feijão de porco (Canavalia ensiformes) para adubação verde e obtenção de palha a utilizar nos tratamentos com plantio direto do milho na etapa seguinte.

Foram delimitadas quatro parcelas na classe de erosão da área conservada e quatro na classe de erosão da área degradada. Com área útil de 40m2, sendo 4 m de largura por 10 m de comprimento, no sentido do declive. Em duas das quatro parcelas em ambas as áreas, o plantio do feijão de porco foi realizado sendo, uma parcela com adubação e outra sem adubação, mantendo-se as duas parcelas restantes sem nenhum cultivo, reservando-as para que fossem utilizadas na etapa seguinte com o plantio do milho em preparo convencional do solo.

Nessa primeira etapa, foram utilizados os seguintes tratamentos com duas repetições: T1 Feijão de porco na classe de erosão da área conservada com adubação (CAD); T2 sem adubação; T3 Feijão de porco na classe de erosão da área degradada com adubação (DAD); e T4 sem adubação.

Para o plantio foram feito cinco sulcos com 5 cm de profundidade e 10 cm de largura distanciados de 1 metro entre si, com 1 (uma) semente a cada 0,25 m, ou seja, 40 plantas por linha, totalizando 200 plantas/parcela.

Nas parcelas adubadas utilizou-se o equivalente a 60 kg de N/ ha, o que correspondeu à aplicação de 133 g de uréia para cada linha de 10 m. O adubo foi colocado na fundação, cerca de 5 cm do plano de semeadura das sementes.

Após quatro meses, coletaram-se aleatoriamente seis plantas, sendo duas plantas em cada uma das três linhas centrais de cada parcela. As plantas restantes com exceção das bordaduras foram cortadas à altura do colo, e distribuídas na superfície de cada parcela. Nas plantas coletadas para análise computou-se os pesos úmido e seco e calculou-se a biomassa de cada planta, parcela e tratamento nas áreas de solo conservado e degradado. Foram calculadas multiplicando-se o número de plantas sobreviventes das três linhas centrais (área útil) pelas médias desses parâmetros encontradas em 12 plantas selecionadas ao acaso para cada área.

Nessa etapa, foram realizadas as seguintes determinações em cada parcela:

Biomassas úmida e seca expressando-se os dados em t ha-1.

Número de plantas sobreviventes em cada tratamento.

Nessa segunda fase do experimento plantou-se o milho híbrido, cultivar Master, morro abaixo do declive, em sucessão ao feijão de porco em duas das quatro parcelas das classes de erosão da área conservada e degradada, o que constituiu o tratamento do plantio direto na palha. Nas duas parcelas de cada área, não utilizadas na primeira etapa, também foram plantadas com milho que constituíram o tratamento preparo convencional do solo. Dessa forma, foram definidos os seguintes tratamentos, com seis repetições: T1 - Milho em classe de erosão da área conservada, com adubação após feijão de porco em sistema de plantio direto (CAD); T2 - Milho na classe de erosão da área conservada, sem adubação após feijão de porco em sistema de plantio direto (CD); T3 - Milho na classe de erosão da área conservada, com adubação em sistema de preparo convencional (CAC); T4 – Milho na classe de erosão da área conservada, sem adubação em sistema de preparo convencional (CC); T5 – Milho na classe de erosão da área degradada, com adubação após feijão de porco em sistema de plantio direto (DAD); T6 - Milho na classe de erosão da área degradada, sem adubação após feijão de porco em sistema de plantio direto (DD); T7 - Milho na classe de erosão da área degradada, com adubação em sistema de preparo

convencional (DAC); T8 - Milho na classe de erosão da área degradada, sem adubação em sistema de preparo convencional (DC).

No sistema de plantio direto, o milho foi plantado em julho, em três linhas de 10 m no espaçamento de 1m x 0,10 m, permanecendo as duas linhas laterais das parcelas com as plantas de feijão de porco apenas como bordaduras. Esse espaçamento mais fechado teve por objetivo a produção de biomassa a qual foi utilizada como o indicador da produtividade do solo. As três linhas centrais cultivadas com o feijão de porco na primeira etapa serviram como palha para o estabelecimento desse sistema. Para isso as plantas de feijão de porco foram cortadas, dessecadas, e esses restolhos foram distribuídos entre as linhas de milho.

Na dessecação do feijão de porco foi utilizado o herbicida Roundup (Sal de isopropilamina de N (fosfometil) glicina (glyphosate), na dosagem de 10 ml / 3 L de água para cada parcela, ou o equivalente a 2,5 L / ha. O herbicida foi aplicado com pulverizador costal manual com bico tipo leque e acoplado com um protetor tipo chapéu da jacto, para aplicação direcionada de herbicidas, visando à proteção das plantas.

No sistema convencional, a limpeza das ervas daninhas e o preparo do solo foram efetuados com enxada, o que é prática comum utilizada pelos agricultores locais. Nesse sistema, a data de plantio e a adubação foram iguais a do plantio direto.

Após a emergência das sementes de milho, no plantio direto, foi realizado o controle das ervas daninhas manualmente, enquanto no preparo convencional utilizou-se à enxada.

Decorridos dois meses e seis dias após o plantio, quando as plantas apresentavam-se secas naturalmente em condições de campo, o experimento foi finalizado, efetuando-se a medição da altura de todas as plantas, a partir do colo. Em seguida foi realizado o corte de forma aleatória de seis plantas de cada parcela e logo após as plantas restantes. Após o corte, as plantas foram colocadas em sacos, identificadas e pesadas.

Neste mesmo dia foram coletadas duas amostras de solo em cada parcela à profundidade de 0-20 cm para realização de análises químicas e físicas com a finalidade de observar os benefícios da rotação de cultura com o feijão de porco e da adubação verde nas características do solo.

Essas análises foram feitas no início do experimento e após o corte do milho, totalizando duas análises de solo durante o decorrer do experimento.

Em cada parcela foi feita a determinação da altura de planta. A medida foi realizada da base do solo até a inserção do broto terminal da haste principal, e para isso foi utilizada uma régua milimétrica. Com estes resultados foram calculadas as médias das alturas dos tratamentos.

Quando as plantas apresentavam-se secas naturalmente em condições de campo, foram cortadas em sua base, postas em saco de papel devidamente identificadas e levadas para peso de sua biomassa.

Para ambos os experimentos, os resultados das variáveis determinadas foram submetidos à análise de variância, e o nível de significância através do teste “F”. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico MINITAB (Ryan et al., 1985).

RESULTADOS

Com relação às classes de erosão da área conservada e degradada, mostra que, ao nível de 5% ($p < 0,05$ indicando diferença significativa) de probabilidade, foram verificadas diferenças significativas para os teores de argila, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, enquanto que a água útil, matéria orgânica e nitrogênio não apresentaram diferenças

significativas. Com relação às profundidades, foram encontradas diferenças significativas apenas para o teor de argila, matéria orgânica e nitrogênio. Na interação, classes de erosão x profundidade houve diferença significativa somente com relação ao teor de magnésio.

Com relação aos atributos selecionados para comparações entre as classes de erosão em função das profundidades, a figura 1 mostra que a argila aumentou com a profundidade enquanto que a matéria orgânica e o nitrogênio diminuíram em ambas as classes de erosão. O aumento de 18,2 % no teor dessa fração granulométrica na classe de erosão da área degradada (216,7 g/kg) em relação à conservada (183,3 g/kg), já a partir de 10 cm de profundidade, confirmou, na primeira classe, a exposição do B textural, característico do ARGISSOLO em estudo. A exposição desse horizonte de sub-superfície, também observada visualmente nos perfis das trincheiras abertas em campo, representou, portanto uma clara evidência do estágio de erosão severa na aludida classe de erosão da área degradada. Resultado semelhante também foi obtido por (Lacerda, 2000), em estudo do solo BRUNO NÃO CÁLCICO. O teor matéria orgânica (MO) diminuiu, à medida que aumentava-se a profundidade, nas duas classes de erosão. Na profundidade de 10 cm, o aumento de MO foi de 32,2 % na classe de erosão conservada (23,8 g/kg) em relação à degradada (18 g/kg) enquanto que na profundidade de 20 cm esse aumento foi de 16,1 %. A partir de 30 cm praticamente não ocorreram diferenças nos teores de MO nas duas classes de erosão.

O teor de água útil, na profundidade de 10 cm, apresentou maior valor na classe de erosão da área degradada (8,3 g/100g) em relação à conservada (6,6 g/100 g), diminuindo com o aumento da profundidade. Não houve, porém, significância estatística para esse atributo em relação às classes de erosão. A partir de 20 cm a diferença dos teores de água útil entre as duas classes de erosão tornou-se menos pronunciada, sendo que na classe de erosão da área conservada a água útil foi maior nas profundidades de 30 cm e 50 cm.

O nitrogênio, embora não mostrando diferença significativa entre as classes de erosão, apresentou aumentos de 40% na classe de erosão da área conservada (1,4 g/kg) em relação à degradada (1,0 g/kg) na profundidade de 10 cm e de 12,5 % na de 20 cm. A partir de 30 cm, praticamente não houve diferença entre as duas classes de erosão.

O fósforo apresentou aumentos de 51% na classe de erosão da área conservada (22,2 mg/kg) em relação à degradada (14,7 mg/kg) na profundidade de 10 cm e de 166 % na de 20 cm. Nas profundidades seguintes o teor de fósforo continuou sendo maior na classe de erosão da área conservada observando-se na uma acentuada diminuição do P na classe de erosão da área degradada.

O potássio mostrou um comportamento semelhante ao do fósforo no que concerne à superioridade da classe de erosão da área conservada, observando-se a partir de 10 cm, um aumento de 9,5 % em relação à degradada. A partir daí verificou-se uma tendência de crescimento das diferenças dos teores desse nutriente nas classes de erosão com o aumento da profundidade. Da mesma forma, o cálcio mostrou teores mais elevados na classe de erosão da área conservada, porém as diferenças mais acentuadas ocorreram a partir de 30 cm quando se verificou um aumento de 53,6 % na classe de erosão da área conservada (10,9 cmol/kg) em relação à degradada (6,9 cmol/kg). Por sua vez, o magnésio apresentou-se ligeiramente superior na profundidade de 10 cm, aumentando essa diferença a 20 cm. A partir de 30 cm esse nutriente mostrou um comportamento diferente dos demais, posto que, na classe de erosão da área degradada os teores foram superiores aos da conservada.

Os bons atributos do solo encontrado na classe de erosão da área conservada, principalmente no que concerne aos teores mais elevados de N, K, Ca, matéria orgânica e particularmente de P, evidenciam o contraste entre o aumento da fertilidade encontrado nessa classe e o empobrecimento e tendência ao declínio da capacidade de suporte e desenvolvimento vegetal que a erosão provocou na classe de erosão da área degradada. Essa evidência foi claramente confirmada ao observar- se os dados de produção de

biomassa do feijão de porco e do milho, sempre superiores na classe de erosão da área conservada, conforme discussão nos itens seguintes.

A figura 1 mostra as médias de produção das biomassas totais e números de plantas vivas obtidas nas parcelas submetidas aos sistemas de preparo do solo nas classes de erosão da área conservada (C) e degradada (D) aos 120 dias após o plantio.

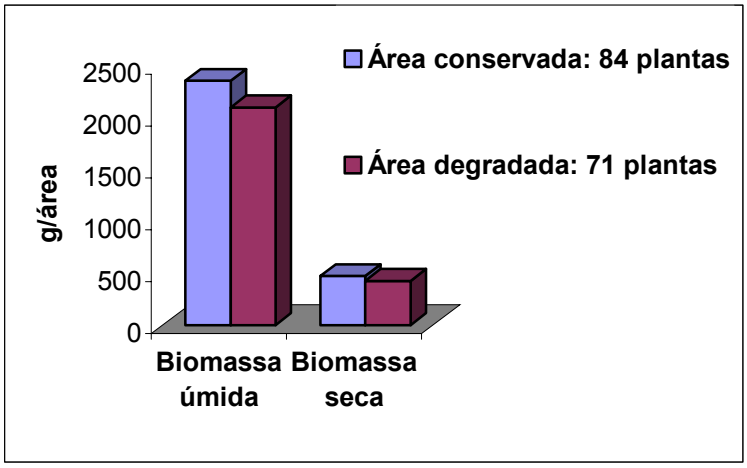

Figura 1. Biomassas totais e número de plantas de feijão de porco sobreviventes nas classes de erosão da área conservada e degradada em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico.

As biomassas totais indicaram diferenças entre as duas classes de erosão. Observa-se ligeira superioridade da classe de erosão da área conservada em relação à degradada. A má qualidade do solo degradado pela erosão, caracterizada pelas insatisfatórias condições físicas e químicas da classe de erosão da área degradada influenciou negativamente o rendimento das plantas em relação à classe de erosão da área conservada detectando-se reduções de 10,9% para a biomassa úmida, e de 9,7% para a biomassa seca. Ocorreu na classe de erosão da área degradada uma redução das plantas sobreviventes da ordem de 15,5%, em relação à classe de erosão da área conservada. Um pré-requesito para predizer os impactos da erosão sobre a produtividade do solo é a compreensão da natureza da relação entre esses dois parâmetros (Pierce, 1991).

Não houve diferença entre a biomassa seca/planta na classe de erosão da área conservada (5,6 g/planta) em relação à classe da área degradada (6 g/planta), porém deve considerar-se que na última houve menor concorrência, face ao menor número de plantas sobreviventes.

A produção de biomassa do milho foi altamente significativa para as classes de erosão (E), adubação (A), manejo (M) e para a combinação entre classes de erosão e adubação (E x A), não ocorrendo interação significativa para as diferentes combinações entre classes de erosão versus manejo (E x M), adubação versus manejo (A x M) e classes de erosão versus adubação versus manejo (E x A x M). Com relação à altura do milho não ocorreu interação significativa em manejo (M), ocorrendo interação significativa para as outras variáveis (quadro 1).

Quadro 1. Resumo da análise de variância para produção de biomassa e altura do milho em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico sob duas classes de erosão, dois sistemas de manejo e dois níveis de adubação nitrogenada em sucessão ao feijão de porco.

Causa da variação	G.L	Produção de biomassa de milho		Altura do Milho	
		Q.M.	F	Q.M	F
Classes de erosão (E)	1	697,31	60,02***	22,200	599,94***
Adubação (A)	1	413,54	35,60***	32,877	888,45***
Manejo (M)	1	72,05	6,20**	0,029	0,78ns
E x A	1	307,29	26,45***	16,140	436,17***

E x M	1	33,38	2,87^{ns}	5,218	141,02***
A x M	1	16,58	1,43^{ns}	1,514	40,90***
E x A x M	1	32,42	2,79^{ns}	28,924	781,63***
Resíduo	40	11,62		0,037	
Total	47				
Média geral		6,526		0,87	
C.V. (%)		52,2		22,1	

***, ** e ^{ns}: significativo a 0,001, 0,01 e não significativo, respectivamente.

Os melhores atributos do solo na classe de erosão da área conservada influenciaram a maior produção de biomassa do milho, conforme mostra o quadro 2. Assim é que, sem adubação, a classe de erosão da área conservada, em plantio direto apresentou uma produção de biomassa de 6.672 kg ha^{-1}, ou seja, um aumento de 61,4 % em relação à classe de erosão da área degradada (4.133 kg ha^{-1}). Ainda nessa área, sem adubação, o preparo convencional reduziu a produção para 3.070 kg ha^{-1}, porém persistiu a superioridade da classe de erosão da área conservada, considerando-se que nesse manejo a produção foi de apenas 0,483 kg ha^{-1} na classe de erosão da área degradada, ou seja, uma redução de 3069,5 kg ha^{-1}. Nas parcelas adubadas, mais uma vez a classe de erosão da área conservada apresentou maior rendimento em biomassa tanto em preparo convencional quanto em plantio direto. Em preparo convencional (16,820 t ha^{-1}) a produção na classe de erosão da área conservada foi 20,4 vezes maior que na classe de erosão da área degradada (0,825 t ha^{-1}) enquanto que em plantio direto na classe de erosão da área conservada (14,783 t ha^{-1}) a produção foi 2,7 vezes maior que na classe de erosão da área degradada (5,412 t ha^{-1}). A importância da conservação no solo em estudo está claramente evidenciada ao observar-se que o plantio direto, sem adubo, na classe de erosão da área conservada (6,672 t ha^{-1}) foi superior ao preparo convencional adubado na classe de erosão da área degradada (0,825 t ha$^{-1)}$ com um acréscimo de 708,7%. A urgente necessidade de adoção de práticas de controle da erosão na serra da Meruoca pode ser constatada ao observar-se que em termos de produção média, considerando os dois manejos (PD e PC) e os dois níveis de adubação, a classe de erosão da área conservada (10,337 kg ha^{-1}) apresentou um aumento de 58,4 % na produção de biomassa em relação à classe de erosão dam área degradada (6,526 t ha^{-1}). Além disso, o plantio direto, nas médias das parcelas com e sem adubação apresentou um acréscimo de cerca de 8 % na produção de biomassa em relação ao preparo convencional na classe de erosão conservada. Na classe de erosão da área degradada, o efeito da cobertura proporcionada pelo plantio direto, reduzindo a erosão, diminuindo as perdas de água, ainda foi mais pronunciado posto que esse manejo conservacionista produziu um aumento de cerca de 730 % na produção de biomassa em relação ao preparo convencional. Resultados semelhantes nesse sentido foram obtidos por Melo Filho & Silva (1993); Lombardi Neto et al., (1988).

Quadro. 2 Biomassa de milho (t/ha) em duas classes de erosão (área conservada e degradada), em tratamentos com plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) e dois níveis de adubação nitrogenada

Manejo	**Níveis de adubação (kg ha^{-1})**		
Área conservada	0 kg/ha	60 kg/ha	Média
PD	6,672b	14,783a	10,728
PC	3,070b	16,820a	9,945
Média	4,871	15,802	10,337
Área degradada			
PD	4,133b	5,412b	4,773
PC	0,483b	0,825b	0,654
Média	2,308	3,119	2,714
Média geral	3,590	9,461	6,526

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas no conjunto dos tratamentos nas linhas e colunas não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade DMS= 8,754 t/ha

O uso de leguminosas, como no caso presente, também favorece a incorporação de nitrogênio ao solo, por meio de atividade simbiótica e a presença dos restos do feijão de

porco à superfície preservaria o teor de matéria orgânica do solo e seus efeitos favoráveis no aumento de N e P, retenção de água e porosidade, justificando assim o aumento acentuado de biomassa nas áreas de plantio direto.

Esses resultados podem também ser visualizados com relação à diferença mínima significativa (DMS) pelo teste de Tukey a 5% para as classes de erosão, adubação e manejo. Tendo em vista que as superioridades da classe de erosão da área conservada (a) e da aplicação de adubos (b) já foram comentadas anteriormente, é importante destacar que com relação ao manejo (c) a adubação nitrogenada apresentou maior eficiência nas parcelas sob plantio direto. Nesse manejo a produção de biomassa do milho (7,750 t ha^{-1}) apresentou um aumento de 2,450 t ha^{-1} em relação à do preparo convencional (5,350 t ha^{-1}). Esse resultado é coerente com os observados por diversos autores Silva, (2000); Santos et al., (1995); Eltz et al., (1989), podendo ser explicado pela influência da cobertura dos restolhos de feijão de porco no que concerne à diminuição da erosão, à conservação da água e à influência benéfica da matéria orgânica proporcionada pelos restolhos, na porosidade e no aumento da CTC.

Considerando que as interações classes de erosão x níveis de adubação (a) e classes de erosão x manejo (b) já foram anteriormente comentadas (quadro 2) é importante destacar que no conjunto das médias de produção de biomassas nas parcelas das classes de erosão da área conservada e degradada na interação manejos x níveis de adubação (c) persistiu a superioridade do plantio direto em ambos os níveis de adubação.

O quadro 3 mostra a altura de plantas de milho (m) nas duas classes de erosão (área conservada e área degradada), em tratamentos com plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) e dois níveis de adubação nitrogenada. Nesse quadro, observa-se que para a altura das plantas não foram observados comportamentos exatamente iguais aos da produção de biomassa. Entretanto observa-se a persistência da superioridade da classe de erosão da área conservada com uma média de 0,97 m em relação a classe de erosão da área degradada (0,77 m), bem como do efeito da adubação, com média de 0,98 m em relação à ausência de adubação (0,75 m). Já para os manejos plantio direto e preparo convencional a superioridade do plantio direto ocorreu apenas na área degradada na qual esse manejo conservacionista apresentou plantas 0,09 m mais altas que no preparo convencional. Entretanto, contemplando-se as médias das classes de erosão das áreas conservada e degradada em associação com a presença e ausência de adubação foi verificado um aumento de 0,20 m na classe de erosão da área conservada.

Quadro 3. Altura de plantas de milho (m) em duas classes de erosão (área conservada e área degradada), em tratamentos com plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) e dois níveis de adubação nitrogenada.

Área conservada	0 kg/ha	60 kg/ha	Média
PD	0,85d	0,98b	0,92
PC	0,68c	1,34a	1,01
Média	0,77	1,16	0,97
Área degradada			
PD	0,69e	0,93f	0,81
PC	0,77g	0,67e	0,72
Média	0,73	0,80	0,77
Média geral	0,75	0,98	0,87

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas no conjunto dos tratamentos nas linhas e colunas não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade DMS= 0,048m

O plantio direto associado à adubação nitrogenada, na classe de erosão da área conservada, foi benéfico à fertilidade do solo, promovendo aumentos de 13,2 %, 8,3 %, 591,8 %, 100 % para os teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, verificando-se decréscimos apenas no cálcio e magnésio. Na classe de erosão da área degradada, da mesma forma, o plantio direto promoveu aumento de 35%, 33,3%, 109,5%, 100%, respectivamente para os teores de matéria orgânica, nitrogênio,

fósforo e potássio, respectivamente, verificando-se decréscimos apenas no cálcio e magnésio (figura 5). Esse mesmo resultado foi observado por Shear & Moschler (1969), Triplett Jr, & Van Doren Jr. (1969), Blevins et al (1977, 1978), após seis anos de PD em relação ao PC. Já o preparo convencional, mostrou-se ser um sistema "antagônico a sustentabilidade" como comprovado pelos decréscimos de matéria orgânica de 30% e 5,6 %, nitrogênio de 33% e 8,3%, cálcio de 68% e 138%, respectivamente paras as classes de erosão da área conservada e degradada, ocorrendo aumentos de fósforo de 410% e 28,6% e potássio de 55,5% e 100%. Já o magnésio diminuiu 100% na classe de erosão da área conservada e aumentou 17,7% na classe de erosão da área degradada.

O cálcio apresentou um comportamento diferenciado dos demais elementos face ao seu maior valor detectado antes do experimento em relação aos encontrados no final.

Os teores iniciais de magnésio e potássio, na classe de erosão da área conservada apresentou superior a classe de erosão da área degradada. Para os teores de magnésio após os tratamentos ocorreu um aumento somente para o (CAC) classe de erosão da área conservada adubada sistema convencional e uma diminuição para (CAD) classe de erosão da área conservada adubada plantio direto. Para os teores de potássio após os tratamentos ocorreu um aumento maior na classe de erosão da área conservada do que na classe de erosão da área degradada.

Os teores iniciais de pH não apresentaram aumento significativo em relação as duas classes. Com relação aos tratamentos recebidos os valores do PD foram consistentemente maiores do que no PC. A ausência de diferenças significativas no pH em água do solo verificadas antes do início do experimento na camada de 0-20 cm, entre as parcelas que receberam os diferentes manejos de solo também foi verificada nos EUA, por Moschler et al. (1973) e Blevins et al. (1978), cinco anos após a aplicação de 1,0 t ha-1 (anual) e de 3,4 t ha-1(uma só vez) de calcário, respectivamente, na superfície e ou incorporado ao solo. Resultados similares foram observados no Brasil (Muzilli, 1983), quatro anos após a aplicação de 2,0 t ha-1 de calcário na superfície (PD) ou incorporado ao solo (PC). Entretanto, Blevins et al. (1978) verificaram redução no pH de 5,7 para 5,5, tanto no PD como no PC.

Pelo exposto pode-se considerar que:

1. Na caracterização das diferenças físicas e químicas de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico, foi evidenciado na classe de erosão da área conservada teores mais elevados de N, K, Ca, matéria orgânica e particularmente P.

2. Houve redução de 10,95 e 9,7% respectivamente para as biomassas úmida e seca do feijão de porco desenvolvido na classe de erosão da área degradada em relação à conservada.

3. A erosão, o manejo e a adubação nitrogenada influenciaram a produtividade do solo. O efeito da conservação do solo foi caracterizado por um aumento de 58,4% na produção de biomassa do milho da área conservada em relação à degradada. O PD, nas médias das parcelas com e sem adubação apresentou um acréscimo de 8% na produção de biomassa em relação ao PC na classe de erosão da área conservada. Nas parcelas adubadas, a classe de erosão da área conservada apresentou maior rendimento em biomassa tanto em PC quanto em PD. Em PC a produção na classe de erosão da área conservada foi 20,4 vezes maior que na classe de erosão da área degradada enquanto que em PD na classe de erosão da área conservada a produção foi 2,7 vezes maior que na classe de erosão da área degradada.

4. O PD associado à adubação nitrogenada, tanto na classe de erosão da área conservada quanto na degradada, foi benéfico à fertilidade do solo, promovendo aumentos para os teores de matéria orgânica, N, P, K, verificando-se decréscimos apenas na Ca e Mg. O PC associado à adubação nitrogenada, mostrou-se ser um sistema "antagônico a sustentabilidade" comprovado pelo decréscimo de matéria orgânica, N, Ca, tanto na classe

de erosão da área conservada quanto na degradada, ocorrendo aumento somente para o P e K.

5. A importância da conservação do solo está claramente evidenciada ao observa-se o PD, sem adubo, na classe de erosão da área conservada foi superior ao PC adubado na classe de erosão da área degradada com um acréscimo de 708,7%. Portanto, recomenda-se a urgente necessidade de adoção de práticas de controle da erosão na serra da Meruoca visto que o PD foi mais eficiente que o PC na conservação da água e em sua utilização, proporcionando maior produção e rendimento do milho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. A. & CARVALHO, F. C. de. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L.E.F. & FONTE, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado. Viçosa, SBCS/UFV-DPS, 1996. p.125-233.

CAMPOS, J. A. Programa de conservação e recuperação ambiental da Serra da Meruoca. - Proposta Indicativa. SDU-SEMACE – 1981, p.65

CONTI, J. B. A geografia física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical. São Paulo , Humanitas Publicações - FFLCH/USP,1997. 30p.

DEDECEK, R. A. Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho - Escuro dos Cerrados. R. bras. Ci. Solo, Campinas 11(3): 323-328, 1987.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. & ABRAÃO, P. U. R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. R. bra. Ci. Solo, Campinas, 8(2):245-249, 1989.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ed. 2. Versão Atualizada. Rio de janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 1o edição. Brasília. Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p. il.

FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO C. L. C. Práticas agrícolas inadequadas acentuam processo erosivo na Serra da Meruoca. R. Ci. e Tec., Fortaleza, ano 3, n. 3, p. 25-26, dez./2001.

IPLANCE. Atlas do Ceará. Fundação Instituto de planejamento do ceará. Edições IPLANCE. 1997.

LEÃO, R.M. A floresta e o homem. São Paulo; Editora da Universidade de São Paulo; Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000.

LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DECHEN, S. C. F. & VIEIRA, S. R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12 (1): 71-75, 1988.

MATTOS, L. C. Formulação de hipóteses na busca da sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JR, R. N.; ROMERO, R. E. & SILVA, J. R. C. eds. Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.58 - 69.

MELO FILHO, J. F. & SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho -Amarelo no Ceará. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17:291-297, 1993.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional, sobre fertilidade da camada arável do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7: 95-102, 1983.

PIERCE, F.J. Erosion productivity impact prediction. IN: LAL, R & PIERCE, F.J. ed. Soil managemente for sustainnability. Soil and Water Conservation Society. Ankeny. 1991. P. 35-52.

RYAN, B. F.; JOINER, B. L.; RYAN JR., T. A. Minitab Handbook. 2 ed. PWS-KENT Publishing Company. Boston. 1985. 376p.

RIIJSBERMAN, F. R. & WOLMAN, M. G. Introduction. In: RIIJSBERMAN, F. R. & WOLMAN, M. G., eds. Quantification of the effect of erosion on soil productivity in an international context. Baltimore, Johns Hopkins University, 1984. p.1-21.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O & LHAMBY, J.C.R. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. R. bras. C. do Solo, Campinas, 19:449-454,1995.

SHEAR, G. M. & MOSCHLER, W. W. Continuous corn by the no-tillage and continuous tillage methods: a six-year comparison. Agron. J., Madison, 58(1):147-148,1969.

SILVA, J. R. C.; COELHO, M. A; MOREIRA, E. G. S. & OLIVEIRA NETO, P. R. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. Ci. Agron., 16: 55-63, 1985.

SILVA, J. R. C.; ACCIOLY, A. A. & MINDELLO NETO, U. R. Erosão versus produtividade do solo com e sem adubos químicos. In: ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 14. Fortaleza, 1995 a. Resumo 862. Fortaleza, UFC, 1995 a. p.215.

SILVA, J. R. C.; Efeitos da erosão na sobrevivência e desenvolvimento de mudas de sabiá para reflorestamento no Ceará. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11. Águas de Lindóia, 1996. Resumo Expandido em CD - ROM.

SILVA, F. J. da & SILVA, J. R. C. Produtividade de um solo Litólico associada ao controle da erosão por cordões de pedra em contorno. R. bras. Ci. Solo, 21: 435-440, 1997a.

SILVA, J. R. C. Pesquisas sobre produtividade, erosão e conservação dos solos do Ceará: Integração às atividades de ensino, pesquisa e extensão da UFC: Relatório Final de atividades – período Março de 1997 – Fevereiro de 1999. Fortaleza, CNPq/UFC/DCS. 1999. 43p.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S. de; ASSIS JR. R. N. & ROMERO, R. E. eds. Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Capítulo 10 Fortaleza; UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 169-213, 2000.

SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E. R.; TORETA, D. M.; ROCHELE, T. C. P. & SHAYER, E. P. M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. R. bras. Ci. Solo, 15: 363-368, 1991.

SPAROVEK, G.; JONG VAN LIER, Q.; ALOISI, R. R. & VIDAL-TORRADO, P. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17: 465-470, 1993.

TRIPLETT, Jr., G. B. & VAN DOREN, Jr., D. M. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tiled maize. Agron. J., Madison, 61(4):637-639,1969.